

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-269534

(43)Date of publication of application : 09.10.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/39
H01F 10/00
H01L 43/08

(21)Application number : 09-087218

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 24.03.1997

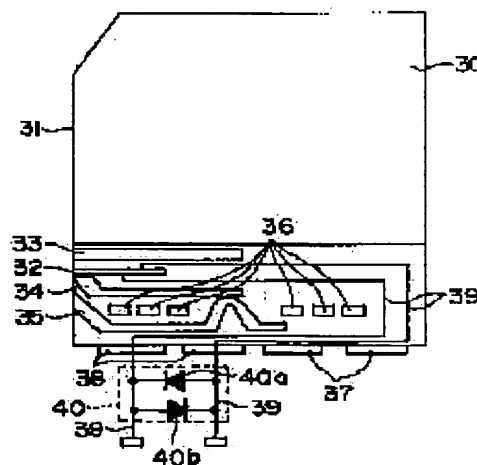
(72)Inventor : INAGE KENJI
MAEDA TOSHIAKI
SHIYOUJI JIYUN
SAKAI MASANORI
TERUNUMA KOICHI

(54) MAGNETIC HEAD HAVING SPIN BULB MAGNETO-RESISTANCE ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the change in a pinned direction caused by jumping electric charges into an MR element and to stabilize a head characteristic by forming a magnetization reversal protecting circuit between a pair of lead conductors of a spin bulb magneto-resistance MR element.

SOLUTION: A magnetization reversal protecting circuit 40, which consists of Schottky diodes 40a and 40b that are bidirectionally connected, is connected between a pair of lead wipes 39 of an MR element 32. The conductive operating point of the circuit 40 is set to the energy value which is less than approximately 1.0 nJ. When the energy, in which the pinned direction reversal of the element 32 occurs, is applied, it becomes conductive. Thus, the change in the pinned direction of the MR element is surely prevented even though electric charges jump into the head terminal side after forming the circuit 40 and during the manufacturing process of the magnetic head or during the assembling process of the head into a hard disk drive HDD or while using the head. Note that the circuit 40 is not activated by the energy under which the element 32 is normally used.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2924845

[Date of registration]

07.05.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-269534

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/00

H 0 1 F 10/00

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-87218

(22) 出願日 平成9年(1997)3月24日

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 稲毛 健治

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 前田 寿昭

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 庄子 盾

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 恵一

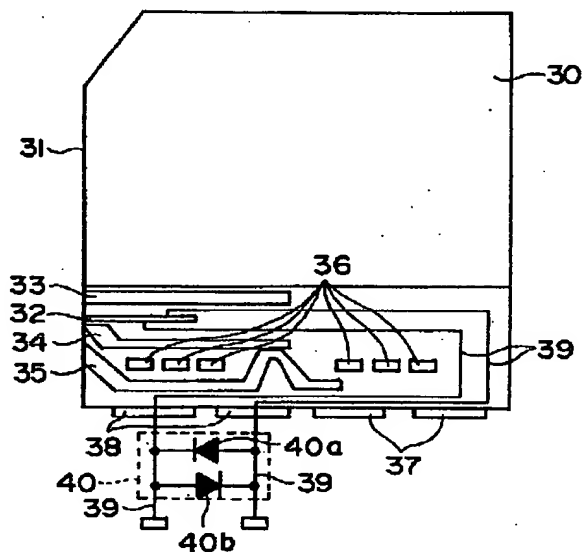
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ磁気抵抗素子を備えた磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 スピンバルブMR素子のピンド方向の変化を防止できる構造を有する磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 磁気ヘッドに、スピンバルブMR素子の1対のリード導体間に電氣的に接続されかつスピンバルブMR素子のピンド方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通する磁化反転保護回路を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のスピバルブ磁気抵抗素子を基板上に形成し、該形成した複数のスピバルブ磁気抵抗素子にそれぞれ接続される複数対のリード導体を前記基板上に形成し、各々が各スピバルブ磁気抵抗素子の前記リード導体対間に電氣的に接続されており、前記スピバルブ磁気抵抗素子のピン方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通するように構成された複数の磁化反転保護回路を前記基板上にさらに形成することを特徴とするスピバルブ磁気抵抗素子を備えた磁気ヘッドの製造方法。

【請求項2】 前記磁化反転保護回路の形成が、導通動作点が約3.0 nJ以下のエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路を形成することであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記磁化反転保護回路の形成が、導通動作点が約2.55 nJのエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路を形成することであることを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】 前記磁化反転保護回路の形成が、導通動作点が約0.68 nJのエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路を形成することであることを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項5】 前記磁化反転保護回路の形成が、ショットキーダイオードを形成することであることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】 複数のスピバルブ磁気抵抗素子を基板上に形成し、該形成した複数のスピバルブ磁気抵抗素子にそれぞれ接続される複数対のリード導体を前記基板上に形成し、前記スピバルブ磁気抵抗素子のピン方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通するように構成された磁化反転保護回路を各スピバルブ磁気抵抗素子の前記リード導体対間に電氣的に接続することを特徴とするスピバルブ磁気抵抗素子を備えた磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】 前記磁化反転保護回路の接続が、導通動作点が約3.0 nJ以下のエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路を接続することであることを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】 前記磁化反転保護回路の接続が、導通動作点が約2.55 nJのエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路を接続することであることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項9】 前記磁化反転保護回路の接続が、導通動作点が約0.68 nJのエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路を接続することであることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項10】 前記磁化反転保護回路の接続が、ショットキーダイオードを接続することであることを特徴とする請求項6から9のいずれか1項に記載の方法。

【請求項11】 スピバルブ磁気抵抗素子と、該スピバルブ磁気抵抗素子に接続される1対のリード導体と、該リード導体対間に電氣的に接続されており前記スピバルブ磁気抵抗素子のピン方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通する磁化反転保護回路とを備えたことを特徴とするスピバルブ磁気抵抗素子を備えた磁気ヘッド。

【請求項12】 前記磁化反転保護回路が、導通動作点が約3.0 nJ以下のエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路であることを特徴とする請求項11に記載の磁気ヘッド。

【請求項13】 前記磁化反転保護回路が、導通動作点が約2.55 nJのエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路であることを特徴とする請求項12に記載の磁気ヘッド。

【請求項14】 前記磁化反転保護回路が、導通動作点が約0.68 nJのエネルギー値に設定されている磁化反転保護回路であることを特徴とする請求項12に記載の磁気ヘッド。

【請求項15】 前記磁化反転保護回路が、ショットキーダイオードであることを特徴とする請求項11から14のいずれか1項に記載の磁気ヘッド。

【請求項16】 複数のスピバルブ磁気抵抗素子を基板上に形成し、該形成した複数のスピバルブ磁気抵抗素子にそれぞれ接続される複数対のリード導体と各々が各スピバルブ磁気抵抗素子の前記リード導体対間を電氣的に短絡する短絡回路とをさらに前記基板上に形成し、該基板上に形成された複数のスピバルブ磁気抵抗素子を単体に切り離して各磁気ヘッドを形成し、該切り離しの際に、前記リード導体対と前記短絡回路との電氣的接続をも切断することを特徴とするスピバルブ磁気抵抗素子を備えた磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スピバルブを利用した磁気抵抗(MR)素子を備えた磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置(HDD)の高密度化に伴って高感度及び高出力の磁気ヘッドが要求されており、このような要求に答えるものとして、巨大磁気抵抗効果を呈する素子の1つであるスピバルブを利用したMR素子を備えた磁気ヘッドが提案されている(特公平8-21166号公報、特開平6-236527号公報)。スピバルブは、2つの強磁性薄膜層を非磁性金属層で磁氣的に分離してサンドイッチ構造とし、その一方の強磁性薄膜層に反強磁性薄膜層を積層することによってその界面で生じる交換バイアス磁界をこの一方の強磁性薄膜層(ピンニングされる層、本明細書ではピン(pinned)層と称する)に印加するように

したものである。交換バイアス磁界を受けるビンド層と受けない他方の強磁性薄膜層（本明細書ではフリー層と称する）とでは磁化反転する磁界が異なるので、非磁性金属層を挟むこれら2つの強磁性薄膜層の磁化の向きが平行、反平行と変化し、これにより電気抵抗率が大きく変化するので巨大磁気抵抗効果が得られる。

【0003】スピンバルブMR素子の出力特性等は、非磁性金属層を挟むこれら2つの強磁性薄膜層（ビンド層及びフリー層）の磁化のなす角度によって定まる。フリー層の磁化方向は磁気媒体からの磁界の方向に従って容易に磁化し、一方、ビンド層の磁化方向は反強磁性薄膜層との交換結合により一方向（ピンニングされる方向、本明細書ではビンド方向と称する）に制御される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気ヘッドのウエハプロセスや加工プロセス等の製造工程中や製造したヘッドのHDDへのアセンブリング工程中において、ヘッドの端子サイドへ何らかの理由で電荷が飛び込むと、スピンバルブMR素子のビンド方向が変化してしまつてヘッドの諸特性が変化し記録信号を正確に再生できない場合がある。これは、飛び込んだ電荷により発生する熱及び電流が引き起こす磁界によってビンド方向が変化してしまうためと考えられる。

【0005】ビンド方向が変化してしまうと、ビンド層及びフリー層の磁化のなす角度が変化することから出力特性等も変わってしまう。従つてスピンバルブMR素子を有する磁気ヘッドにおいては、ビンド方向が正しく制御されていることが非常に重要となる。従来技術においては、通常のMR素子について、静電放電（ESD）破壊を防止するための対策は種々提案されているが、スピンバルブMR素子のビンド方向の変化を防止するための対策についてはその概念すら全く存在していなかった。

【0006】従つて本発明は、従来技術の上述した問題点を解消するものであり、その目的は、スピンバルブMR素子のビンド方向の変化を防止できる構造を有する磁気ヘッド及びその製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、複数のスピンバルブMR素子を基板上に形成し、形成した複数のスピンバルブMR素子にそれぞれ接続される複数対のリード導体を基板上に形成し、各々が各スピンバルブ磁気抵抗素子の前記リード導体対間に電気的に接続されており、スピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通するように構成された複数の磁化反転保護回路を基板上にさらに形成する磁気ヘッドの製造方法、及び複数のスピンバルブMR素子を基板上に形成し、形成した複数のスピンバルブMR素子にそれぞれ接続される複数対のリード導体を基板上に形成し、スピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通するように構成された磁化反

転保護回路を各スピンバルブMR素子のリード導体対間に電気的に接続する磁気ヘッドの製造方法が提供される。

【0008】磁気ヘッドを製造する際に、スピンバルブMR素子の1対のリード導体間に電気的に接続されかつスピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通する磁化反転保護回路を形成しているため、スピンバルブMR素子自体にそのような電荷が飛び込むことが防止できる。従つて、飛び込んだ電荷により発生する熱及び電流が引き起こす磁界によってビンド方向が変化するような不都合の発生を未然に防止することができる。

【0009】また、本発明によれば、スピンバルブMR素子と、スピンバルブMR素子に接続される1対のリード導体と、リード導体対間に電気的に接続されておりスピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通する磁化反転保護回路とを備えた磁気ヘッドが提供される。前述のように磁化反転保護回路により、スピンバルブMR素子自体にそのような電荷が飛び込むことが防止できる。従つて、飛び込んだ電荷により発生する熱及び電流が引き起こす磁界によってビンド方向が変化するような不都合の発生を未然に防止することができる。

【0010】磁化反転保護回路の導通動作点は、約3.0nJ以下のエネルギー値に設定されていることが好ましく、より好ましくは約2.55nJ又は約0.68nJに設定されている。また、磁化反転保護回路が、ショットキーダイオードであることも好ましい。

【0011】さらに、本発明によれば、複数のスピンバルブMR素子を基板上に形成し、形成した複数のスピンバルブMR素子にそれぞれ接続される複数対のリード導体と各々が各スピンバルブMR素子のリード導体対間を電気的に短絡する短絡回路とをさらに基板上に形成し、基板上に形成された複数のスピンバルブMR素子を単体に切り離して各磁気ヘッドを形成し、この切り離しの際に、リード導体対と短絡回路との電気的接続をも切断する磁気ヘッドの製造方法が提供される。

【0012】磁気ヘッドを製造する際の切り離し工程までは、スピンバルブMR素子の1対のリード導体間を短絡する短絡回路が電気的に接続されているため、スピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーを有する電荷が飛び込むことが防止できる。従つて、飛び込んだ電荷により発生する熱及び電流が引き起こす磁界によってビンド方向が変化するような不都合の発生を未然に防止することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】実施形態により本発明の説明を行う前に、本発明に関連するスピンバルブMR素子についてその基本構造及び基本動作を説明する。

【0014】図1は、スピンバルブMR素子に備えられ

10

20

30

40

50

たスピンバルブ積層体の基本構造を示す断面図であり、同図において、10及び12は2つの強磁性薄膜層であり、この強磁性薄膜層10及び12は非磁性金属層11で磁気的に分離してサンドイッチ構造とされている。強磁性薄膜層12上には反強磁性薄膜層13が積層されており、その界面で生じる交換バイアス磁界がこの強磁性薄膜層（ビンド層）12に印加されてピンニングされる。強磁性薄膜層10は交換バイアス磁界が印加されないフリー層である。

【0015】図2は、このようなスピンバルブ積層体のビンド方向と、再生波形との関係を説明する図である。同図（A）に示すように、矢印Aの方向にバイアスされている強磁性薄膜層（フリー層）10は磁気媒体の記録パターンに従って発生する磁気媒体と垂直方向の上向き又は下向きの漏れ磁界の方向（矢印Bで示す）に磁化されて読み出しが行われる。その場合、強磁性薄膜層（ビンド層）12のビンド方向が矢印Cの方向である場合に、再生波形の極性は、センス電流の極性が正の場合、順次に、正、負、正、負となる。これに対して同図

（B）に示すように、強磁性薄膜層12のビンド方向が矢印C'の方向に変化してしまうと、再生波形の極性は、同じ記録パターンであっても、順次に、負、正、負、正となってしまうので正しい再生ができないこととなる。

【0016】図3は、本発明の一実施形態としてスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子を備えた複合型磁気ヘッドの概略構成を示す断面図である。同図において、30は磁気ヘッドスライダ、31はそのABS面、32はスピンバルブMR素子、33はMR素子32の下部磁気シールド層、34はMR素子32の上部磁気シールド層を兼用するインダクティブ素子の第1の薄膜磁気コア層、35はインダクティブ素子の第2の薄膜磁気コア層、36はインダクティブ素子のコイル、37はインダクティブ素子用の1対の端子電極、38はMR素子32用の1対の端子電極、39はMR素子32の両端及び1対の端子電極38に接続されている1対のリード導体をそれぞれ示している。以上の構成は、一般的な複合型磁気ヘッドの構成と同じであるが、本実施形態では、MR素子32用の1対のリード導体39間に双方向接続されたショットキーダイオード40a及び40bからなる磁化反転保護回路40が電気的に接続されている。

【0017】ショットキーダイオード40a及び40bからなる磁化反転保護回路40は、スピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーが印加された際に導通するように構成されている。即ち、磁化反転保護回路40の導通動作点は、約1.0nJ以下のエネルギー値、好ましくは約0.68nJに設定されている。

【0018】以下、どの程度のエネルギー量が印加されるとスピンバルブMR素子のビンド方向反転が起こるのかについて、本願発明者の実験結果に基づいて説明する。

【0019】①まず、スピンバルブMR素子の複数のサンプルの各々について、 ρ -Hテストにより一定のセンス電流を流した状態で一定の交番磁界を外部から印加して初期状態を測定する。②次いで、サンプルを ρ -Hテストから取り外し、ESD（静電放電）シミュレータに取り付け、このESDシミュレータからサンプルにアゲインスト方向に電圧を印加する。③印加後、ESDシミュレータからサンプルを取り外して再び ρ -Hテストに取り付け、一定のセンス電流を流した状態で一定の交番磁界を外部から印加し電圧印加後のサンプルの特性を測定する。以後、各サンプルに印加される電圧を徐々に増大して、上述の②及び③の処理を繰り返し、ビンド方向が反転する印加電圧を求めた。図4のPRはその結果を表わしている。なお図4において、横軸は各サンプルのMR抵抗 R_{MR} の初期値（ Ω ）、縦軸はビンド方向反転及びESD破壊の生じる印加電圧 V_{APPV} （V）を表わしている。

【0020】 ρ -Hテストからは、一定の外部磁界が印加され、スピンバルブMR素子のアゲインスト方向に+4mAのセンス電流が印加された。また、ESDシミュレータは、擬似Human Body Model（ $R_{SIMU}=0.5K\Omega$ 、 $C=100pF$ ）であり、スピンバルブMR素子のアゲインスト方向に電圧 V_{APPV} を印加した。実際の電圧印加方法としては、まず $V_{APPV}=10V$ を印加して、 ρ -Hテストにより磁化反転の有無を求め、反転がない場合は、印加電圧 V_{APPV} を2Vステップで順次増大してビンド方向が反転する電圧 V_{APPV} を求めた。なお、アシスト方向とは、スピンバルブMR素子のその方向に電流を流した場合、その電流がつくる磁界によって正しいビンド方向へのピンニングが強められるような方向を意味しており、アゲインスト方向とは、その方向に流した電流がつくる磁界によってビンド方向が反転してしまうような方向を意味している。

【0021】図4には、さらに、スピンバルブMR素子及び通常のMR素子の種々のサンプルについて、電圧をさらに上げることによりESD破壊が生じる印加電圧を求めた結果が示されている。同図において、ESDがその結果を表わしている。

【0022】また、1つの代表的なスピンバルブMR素子（ R_{MR} の初期値=51.9 Ω ）について、ビンド方向の反転する印加エネルギーを求めた。①まず、 ρ -Hテストにより一定のセンス電流を流した状態で一定の交番磁界を外部から印加して初期状態を測定する。②次いで、このスピンバルブMR素子を ρ -Hテストから取り外し、ESDシミュレータに取り付け、このESDシミュレータからスピンバルブMR素子にアゲインスト方向に電圧を印加する。③印加後、ESDシミュレータからスピンバルブMR素子を取り外して ρ -Hテストに再び取り付け、一定のセンス電流を流した状態で一定の交番磁界を外部から印加して電圧印加後のスピンバルブMR素

子の特性を測定する。以後、スピンバルブMR素子に印加される電圧 V_{APPV} を徐々に増大して、上述の②及び③の処理を繰り返し、そのスピンバルブMR素子から出力される電圧 V_{OUT} を求めた。図5はその結果を表わしており、横軸は印加電圧 V_{APPV} を換算して求めた印加エネルギー E (nJ)、縦軸はスピンバルブMR素子の出力電圧 V_{OUT} (μV) 及びMR抵抗 R_{MR} (Ω) を表わしている。

【0023】 ρ -Hテストからは、一定の外部磁界が印*

$$E \text{ (nJ)} = I_{SPEAK}^2 \cdot R_{MR} \cdot \tau / 2 \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 $I_{SPEAK} = V_{APPV} / R$ 、 $\tau = R \cdot C$ 、 $R = R_{STIMU} + R_{MR}$ である。

【0024】図5から明らかなように、スピンバルブMR素子に約0.68 nJのエネルギーが印加されるとそのビンド方向の反転が始まり、約1.0 nJのエネルギーでビンド方向の反転が終わっている。従って、前述したように、磁化反転保護回路40の導通動作点を、約1.0 nJ以下のエネルギー値、好ましくは約0.68 nJに設定しているのである。その結果、磁化反転保護回路40を形成した後の磁気ヘッドの製造工程中、製造した磁気ヘッドのHDDへのアセンブリング工程中又はその磁気ヘッドのHDDでの使用中において、ヘッドの端子サイドへ何らかの理由で電荷が飛び込んだ場合にも、スピンバルブMR素子のビンド方向の変化を確実に防止することができる。なお、磁化反転保護回路40は、スピンバルブMR素子が通常使用する程度のエネルギーでは動作しないので、MR素子用のリード導体間に常に接続した状態であっても全く問題ない。

【0025】このような要求を満足するショットキーダイオード40a又は40bの具体的な特性例が図6に示されている。トラック幅が1.5 μm 、MRスロートハイトが1.5 μm のスピンバルブMR素子(MR抵抗 R_{MR} は約14 Ω となる)を用いるものとする。通常使用時のセンス電流は約4 mAでありその時に素子の印加電圧は約60 mVとなる。この素子に約11 mA以上の電流をアゲインスト方向に流すと、ビンド方向の反転が生じることから、約11 mA以上の電流(このときの素子の印加電圧は約150 mVとなる)を流さないように動作することが必要となり、図6はその特性を表している。

【0026】本実施形態の変更態様として、他の1つの代表的なスピンバルブMR素子(R_{MR} の初期値=28.7 Ω)について、ビンド方向の反転する印加エネルギーを求めた。①まず、 ρ -Hテストにより一定のセンス電流を流した状態で一定の交番磁界を外部から印加して初期状態を測定する。②次いで、このスピンバルブMR素子を ρ -Hテストから取り外し、ESDシミュレータに取り付け、このESDシミュレータからスピンバルブMR素子にアゲインスト方向に電圧を印加する。③印加後、ESDシミュレータからスピンバルブMR素子を取り外して ρ -Hテストに再び取り付け、一定のセンス電流を

*加され、スピンバルブMR素子のアゲインスト方向に+4 mAのセンス電流が印加された。また、ESDシミュレータは、擬似Human Body Model ($R_{STIMU} = 0.5 K\Omega$ 、 $C = 100 pF$)であり、スピンバルブMR素子のアゲインスト方向に電圧 V_{APPV} を印加した。実際の電圧印加方法としては、印加電圧 V_{APPV} を1 Vステップで順次増大する方法でスピンバルブMR素子の出力電圧 V_{OUT} を求めた。印加エネルギー E (nJ)は、次の(1)式から求めている。

流した状態で一定の交番磁界を外部から印加して電圧印加後のスピンバルブMR素子の特性を測定する。以後、スピンバルブMR素子に印加される電圧 V_{APPV} を徐々に増大して、上述の②及び③の処理を繰り返し、そのスピンバルブMR素子から出力される電圧 V_{OUT} を求めた。図7はその結果を表わしており、横軸は印加電圧 V_{APPV} を換算して求めた印加エネルギー E (nJ)、縦軸はスピンバルブMR素子の出力電圧 V_{OUT} (μV) を表わしている。

20 【0027】 ρ -Hテストからは、一定の外部磁界が印加され、スピンバルブMR素子のアゲインスト方向に+4 mAのセンス電流が印加された。また、ESDシミュレータは、擬似Human Body Model ($R_{STIMU} = 0.5 K\Omega$ 、 $C = 100 pF$)であり、スピンバルブMR素子のアゲインスト方向に電圧 V_{APPV} を印加した。実際の電圧印加方法としては、印加電圧 V_{APPV} を1 Vステップで順次増大する方法でスピンバルブMR素子の出力電圧 V_{OUT} を求めた。印加エネルギー E (nJ)は、前述の(1)式から求めている。

30 【0028】図7から明らかなように、スピンバルブMR素子に約2.55 nJのエネルギーが印加されるとそのビンド方向の反転が始まり、約3.0 nJ (正確には2.98 nJ)のエネルギーでビンド方向の反転が終わっている。従って、この変更態様の場合、磁化反転保護回路の導通動作点を、約3.0 nJ以下のエネルギー値、好ましくは約2.55 nJに設定する。その結果、磁化反転保護回路を形成した後の磁気ヘッドの製造工程中、製造した磁気ヘッドのHDDへのアセンブリング工程中又はその磁気ヘッドのHDDでの使用中において、ヘッドの端子サイドへ何らかの理由で電荷が飛び込んだ場合にも、スピンバルブMR素子のビンド方向の変化を確実に防止することができる。なお、磁化反転保護回路は、スピンバルブMR素子が通常使用する程度のエネルギーでは動作しないので、MR素子用のリード導体間に常に接続した状態であっても全く問題ない。

40 【0029】図8は、MR抵抗の初期値が異なる種々のスピンバルブMR素子について、ビンド方向が反転するエネルギーを求めた実験結果を示す図である。同図からも分かるように、ビンド方向反転の生じる印加エネルギーは、スピンバルブMR素子の種類及びそのMR抵抗の初

期値の相違によって異なってくる。しかしながら、いずれのスピンバルブMR素子についても、約3.0 nJのエネルギーが印加された場合には、ビンド方向が反転していることが分かる。なお、図8において、サンプルA、B及びCは、互いに形状及び構造の異なるスピンバルブMR素子である。

【0030】スピンバルブMR素子のビンド方向反転が、MR素子のESD破壊が起こるエネルギーより小さなエネルギーが印加されるのみで発生してしまうことに注目すべきである。表1は、通常のMR素子及びスピンバルブMR素子のESDが発生するエネルギー量とスピンバルブMR素子のビンド方向反転が発生するエネルギー量とを比較して表わすものであり、印加エネルギーE (nJ) *

表 1

	ESD破壊		ビンド方向反転
	通常のMR素子	スピンバルブMR素子	スピンバルブMR素子
MR抵抗 R_{MR} (Ω)	45	45	44
印加電圧 V_{APPY} (V)	40	33	18
ピーク電流 I_{SPK} (mA)	85.5 (73.4)	70 (60.6)	37 (33.1)
印加エネルギー E (nJ)	7.1 (6.6)	4.7 (4.5)	1.12 (1.31)

【0032】本実施形態の磁気ヘッドにおける磁化反転保護回路40、即ちショットキーダイオード40a及び40bは、基板上に多数の磁気ヘッドを集積化技術で作成するウエハプロセス中に形成することが好ましい。図9は、磁気ヘッドの製造プロセス中において特にこの磁化反転保護回路40の形成工程が含まれる部分を示すフローチャートである。ウエハプロセスにおいて、公知の方法により複数のスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子を形成した後、各スピンバルブMR素子及びインダクティブ素子に接続されるリード導体及び端子電極（パンプ）を形成し（ステップS91）、その後、半導体製造工程を実施することにより、各スピンバルブMR素子に接続される1対のリード導体間にショットキー接合されたP型又はN型のSi、Ge、GaAs又はInP等の半導体膜を形成する（ステップS92）。その後、図示されてない、ウエハを磁気ヘッドが一列に並ぶバーへの切断する工程、スロートハイト等の研磨工程、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜の成膜工程、レール形成工程等を実施した後、バーから各磁気ヘッドスライダに分離するピースへ切断工程を行って各磁気ヘッドを形成する（ステップS93）。

【0033】本実施形態の変更態様においては、ショットキーダイオード40a及び40bは、ウエハプロセスが終了した後、ディスクリートのショットキーダイオードを各スピンバルブMR素子用のリード導体間に接続す

*は、スピンバルブMR素子の実際に測定したピーク電流値 I_{SPK} 及びその半値幅 τ を用いて（1）式から求めている。なお、表1の括弧内の数値は $I_{SPK} = V_{APPY} / R$ 、 $\tau = (R_{STNU} + R_{MR}) \cdot C$ から計算によって求めた値であり、測定値に比較的近い値となっている。この表からも明らかのように、スピンバルブMR素子のビンド方向反転が起こる印加エネルギー量は、ESD破壊が起こるエネルギー量に比して非常に低く（約1/4以下）、従来のESD破壊防止技術によってスピンバルブMR素子のビンド方向反転を阻止することは不可能である。

【0031】

【表1】

ることによって得られる。図10は、磁気ヘッドの製造プロセス中において特にこの磁化反転保護回路40の形成工程が含まれる部分を示すフローチャートである。ウエハプロセスにおいて、公知の方法により複数のスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子を形成した後、各スピンバルブMR素子及びインダクティブ素子に接続されるリード導体及び端子電極（パンプ）を形成する（ステップS101）。このウエハプロセスが終了した後、ウエハ上の各磁気ヘッド、ウエハを磁気ヘッドが一列に並ぶように切断して得たバー上の各磁気ヘッド、又はバーから単体に切り離した各磁気ヘッドのスピンバルブMR素子用の1対のリード導体間にディスクリートの素子として用意されたショットキーダイオードを双方向接続する（ステップS102）。磁気ヘッドにHDDが接続されている場合には、ショットキーダイオードを磁気ヘッドからそのHDDまでのいずれかの位置のリード導体間に接続する。なお、磁化反転保護回路の形成を行う時点が、磁気ヘッドの製造工程、組立工程の早い時点であればあるほど、ビンド方向の反転防止を図る期間が長くなるので好ましい。

【0034】なお、以上述べた実施形態及びその変更態様においては、磁化反転保護回路としてショットキーダイオードを用いているが、約3.0 nJ以下のエネルギー値、好ましくは約0.68 nJ又は約2.55 nJで導通する素子であれば、ショットキーダイオードに限定さ

れることなくいかなる素子を用いてもよいことは明らかである。

【0035】図11は、本発明の他の実施形態としてスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子を備えた複合型磁気ヘッドの製造工程の途中における概略構成を示す断面図である。同図において、110は磁気ヘッドスライダ、111はそのABS面、112はスピンバルブMR素子、113はMR素子112の下部磁気シールド層、114はMR素子112の上部磁気シールド層を兼用するインダクティブ素子の第1の薄膜磁気コア層、115はインダクティブ素子の第2の薄膜磁気コア層、116はインダクティブ素子のコイル、117はインダクティブ素子用の1対の端子電極、118はMR素子112用の1対の端子電極、119はMR素子112の両端及び1対の端子電極118に接続されている1対のリード導体をそれぞれ示している。以上の構成は、一般的な複合型磁気ヘッドの構成と同じであるが、本実施形態では、製造工程の途中において、MR素子112用の1対のリード導体119間に短絡回路120が電気的に接続され、このMR素子112の両端が電気的に短絡された状態となっている。

【0036】図12は、磁気ヘッドの製造プロセス中において特にこの短絡回路の形成工程が含まれる部分を示すフローチャートであり、図13は、この製造プロセス中において特に短絡回路の形成及び切断を説明する端面図である。ウエハプロセスにおいて、公知の方法により複数のスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子を形成した後、各スピンバルブMR素子及びインダクティブ素子に接続されるリード導体及び端子電極（パンプ）を形成するが、この工程において同時に、スピンバルブMR素子用の各リード導体対間を短絡する短絡回路を形成する（ステップS121）。

【0037】図13の（A）において、130はウエハ（基板）、132はスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子等の素子部、137はインダクティブ素子用の端子電極、138はMR素子用の端子電極、139はMR素子用のリード導体であり、この1対のリード導体139間又はMR素子用の端子電極138間を短絡するように短絡回路140が形成されている。その後、図示されてない、ウエハを磁気ヘッドが一列に並ぶバー141へ切断する工程、スロートハイト等の研磨工程、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜の成膜工程、レール形成工程等を実施した後、バー141から各磁気ヘッドスライダに分離するピースへの切断工程を行って各磁気ヘッドを形成するが、この切断工程の際に、図13の（B）に示すように、短絡回路140をも切断する（ステップS122）。図13の（C）は切断後の磁気ヘッドを示している。

【0038】本実施形態のように、スピンバルブMR素子の両端を短絡回路120（140）によって短絡して

おくことにより、この短絡回路を切断するまでのその後の磁気ヘッドの製造工程中に、ヘッドの端子サイドへ何らかの理由で電荷が飛び込んだ場合にも、スピンバルブMR素子のビンド方向の変化を確実に防止することができる。なお、短絡回路を切断した後は、例えば本出願人によって既に提案されている（特願平8-28345号）外付けの短絡手段を設置しておくことが好ましい。

【0039】以上述べた実施例は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【0040】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、磁気ヘッドに、スピンバルブMR素子の1対のリード導体間に電気的に接続されかつスピンバルブMR素子のビンド方向反転が生じるエネルギーが印加されると導通する磁化反転保護回路を形成しているの、スピンバルブMR素子自体にそのような電荷が飛び込むことが防止できる。従って、飛び込んだ電荷により発生する熱及び電流が引き起こす磁界によってビンド方向が変化するような不都合の発生を未然に防止することができる。

【0041】さらに、本発明では、製造工程中の一部期間、スピンバルブMR素子の両端を短絡回路によって短絡しているの、この短絡回路を切断するまでの間に、ヘッドの端子サイドへ何らかの理由で電荷が飛び込んだ場合にも、スピンバルブMR素子のビンド方向の変化を確実に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】スピンバルブ積層体の基本構造を示す断面図である。

【図2】スピンバルブ積層体のビンド方向と再生波形との関係を説明する図である。

【図3】本発明の一実施形態としてスピンバルブMR素子及びインダクティブ素子を備えた複合型磁気ヘッドの概略構成を示す断面図である。

【図4】スピンバルブMR素子の複数のサンプルについて、ビンド方向が反転する電圧及びESD破壊が生じた電圧を求めた実験結果を示す図である。

【図5】1つのスピンバルブMR素子について、ビンド方向が反転するエネルギー及びESD破壊が生じるエネルギーを求めた実験結果を示す図である。

【図6】ショットキーダイオードの具体的な特性例を示す図である。

【図7】他の1つのスピンバルブMR素子について、ビンド方向が反転するエネルギーを求めた実験結果を示す図である。

【図8】MR抵抗の異なるスピンバルブMR素子について、ビンド方向が反転するエネルギーを求めた実験結果を示す図である。

【図9】図3の実施形態における磁気ヘッドの製造プロセス中において特に磁化反転保護回路の形成工程が含まれる部分を示すフローチャートである。

【図10】図3の実施形態の変更態様における磁気ヘッドの製造プロセス中において特に磁化反転保護回路の形成工程が含まれる部分を示すフローチャートである。

【図11】本発明の他の実施形態としてスピナルブMR素子及びインダクティブ素子を備えた複合型磁気ヘッドの、製造工程の途中における、概略構成を示す断面図である。

【図12】図11の実施形態における磁気ヘッドの製造プロセス中において特に短絡回路の形成及び切断工程が含まれる部分を示すフローチャートである。

【図13】図11の実施形態における磁気ヘッドの製造プロセス中において特に短絡回路の形成及び切断を説明する端面図である。

【符号の説明】

* 10、12 強磁性薄膜層

11 非磁性金属層

13 反強磁性薄膜層

30、110 磁気ヘッドスライダ

31、111 ABS面

32、112 スピナルブMR素子

33、113 下部磁気シールド層

34、114 上部磁気シールド層兼用の第1の薄膜磁気コア層

10 35、115 第2の薄膜磁気コア層

36、116 コイル

37、117 インダクティブ素子の1対の端子電極

38、118 MR素子の1対の端子電極

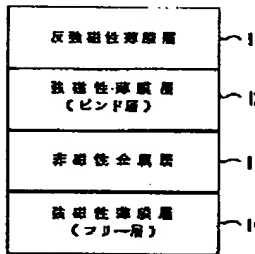
39、119 1対のリード導体

40 磁化反転保護回路

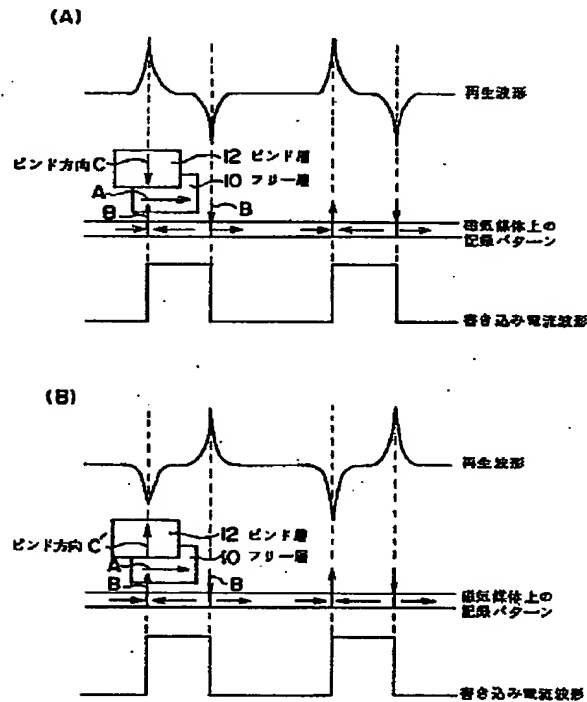
40a、40b ショットキーダイオード

* 120 短絡回路

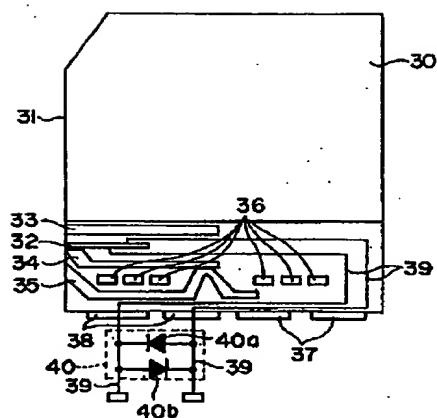
【図1】



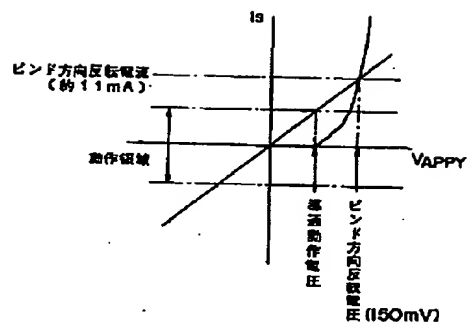
【図2】



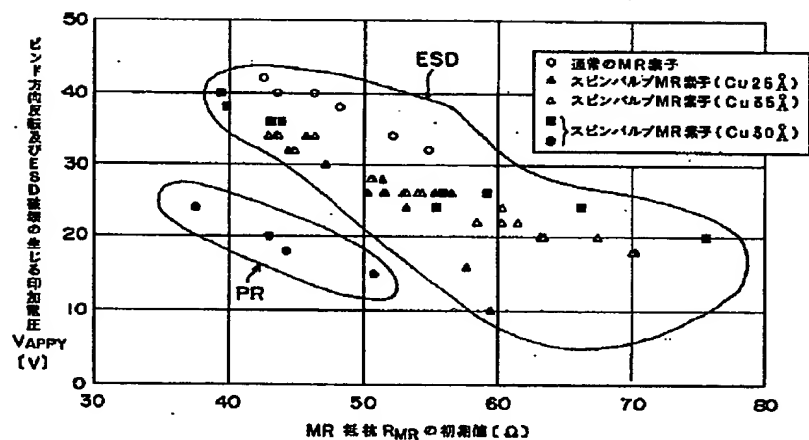
【図3】



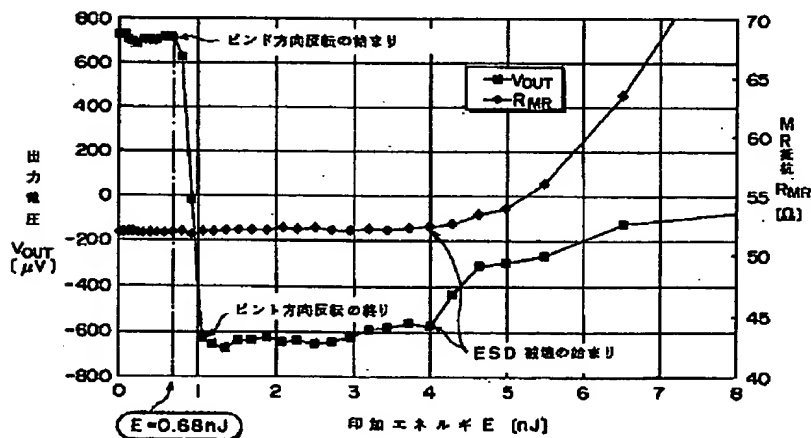
【図6】



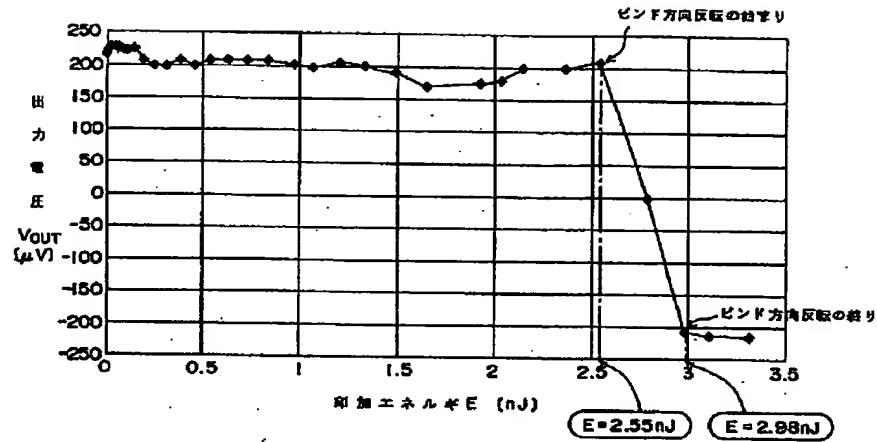
【図4】



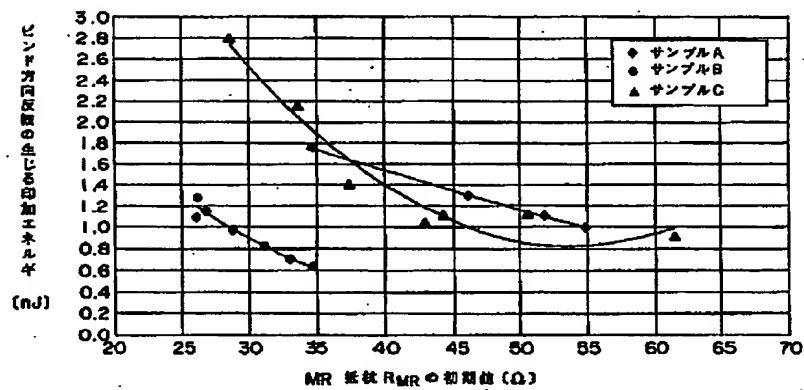
【図5】



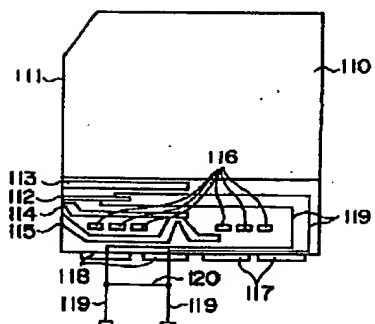
【図7】



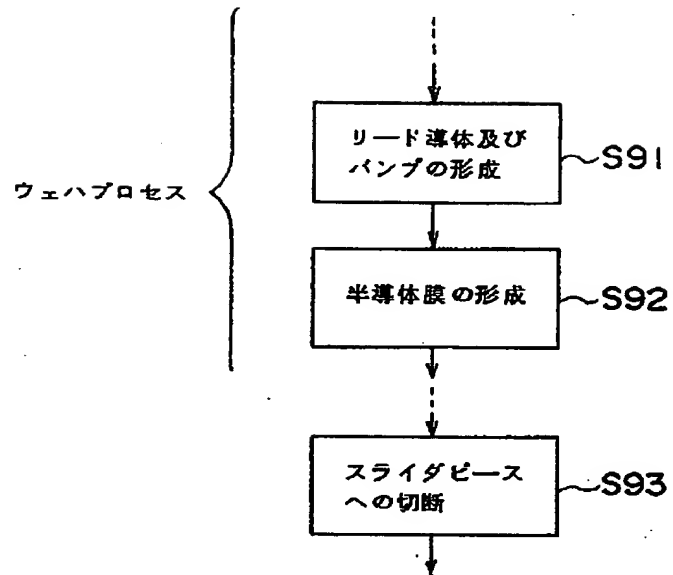
【図8】



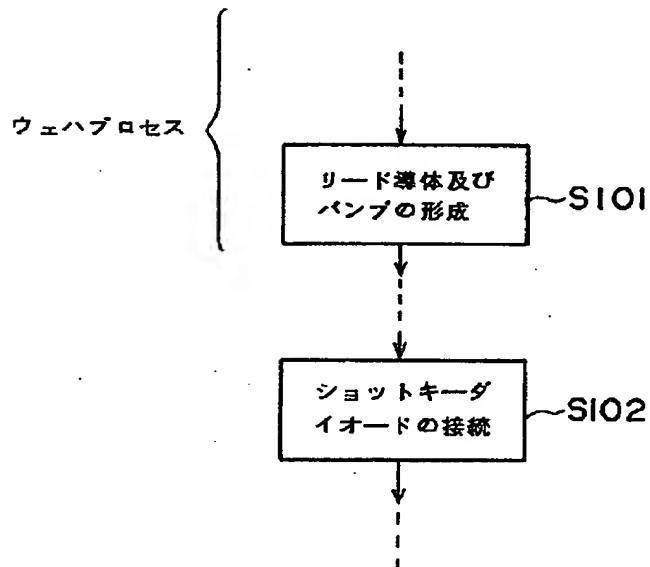
【図11】



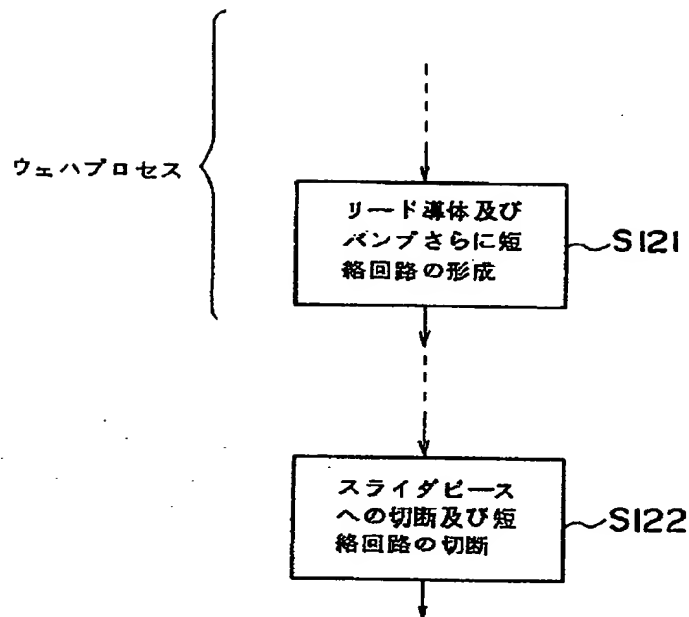
【図9】



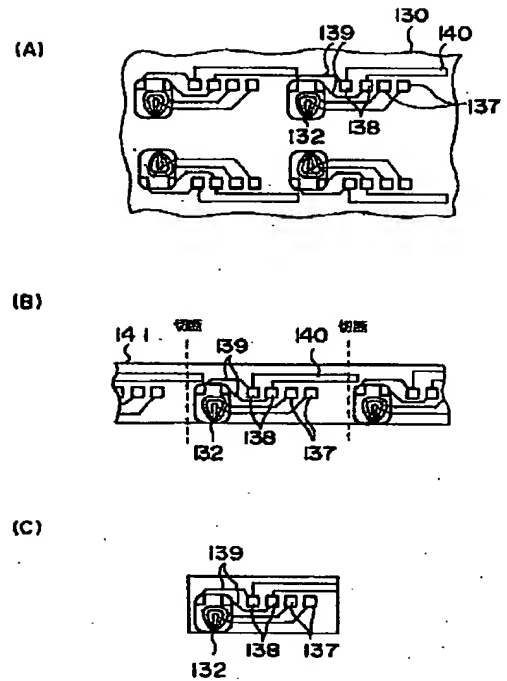
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 酒井 正則
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

(72)発明者 照沼 幸一
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.